

⑯ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑯ Offenlegungsschrift
⑯ DE 195 04 967 A 1

⑯ Int. Cl. 6:
H 01 L 21/603
H 01 L 23/50
H 05 K 3/32
A 01 L 21/603
B 23 K 26/00

H 01 L 21/60 E

DD
DE 195 04 967 A 1

⑯ Anmelder:

Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der
angewandten Forschung e.V., 80836 München, DE

⑯ Vertreter:

Patentanwälte Böck, Tappe und Kollegen, 97072
Würzburg

⑯ Erfinder:

Azdasht, Ghassem, 14052 Berlin, DE; Zekel, Elke,
12163 Berlin, DE; Reichl, Herbert, 14193 Berlin, DE

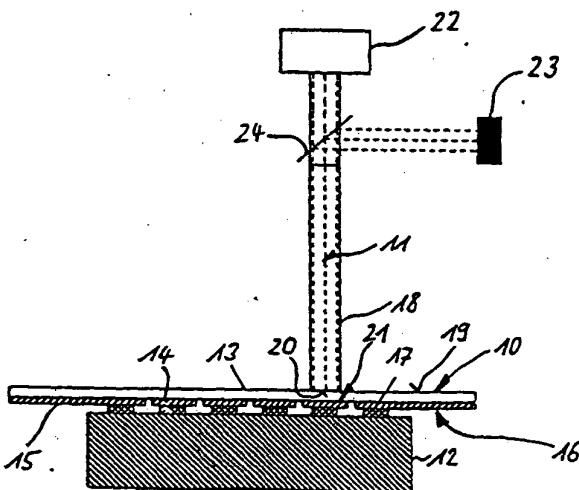
⑯ Entgegenhaltungen:

DD 1 40 942
US 53 41 979
US 52 50 469
US 49 70 365
JP 05-2 06 220 A
JP 1-161725 A (engl. Abstract);
JP 5-109824 A (engl. Abstract);
JP 6-89273 A (engl. Abstract);
US-Z: IBM Technical Disclosure Bull., Bd. 31, 1988,
S. 206-207;

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑯ Verfahren zur Verbindung eines flexiblen Substrats mit einem Chip

⑯ Verfahren zur thermischen Verbindung von Kontaktel-
menten (14, 15) eines flexiblen Substrats (10) mit Kontakt-
metallisierungen (17) eines elektronischen Bauelements (12),
wobei das flexible Substrat eine Trägerschicht (13) aus
Kunststoff aufweist und eine Energiebeaufschlagung der
Kontaktelemente von deren Rückseite her erfolgt, mit einer
Beaufschlagung mit Laserstrahlung (11), wobei die Transpa-
renz des Substrats (19), die Absorption der Kontaktel-
menten (14, 15) und die Wellenlänge der Laserstrahlung (11) derart
aufeinander abgestimmt sind, daß die Laserstrahlung im
wesentlichen durch die Trägerschicht (13) hindurchgeleitet
und in den Kontaktel-menten (14, 15) absorbiert wird, und
einer Druckbeaufschlagung des Substrats (10) derart, daß
die Kontaktel-menten (14, 15) des Substrats (10) und die
Kontaktmetallisierungen (17) des Bauelements (12) während
der Beaufschlagung mit Laserstrahlung (11) aneinander
anliegen.



DE 195 04 967 A 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingesetzten Unterlagen entnommen

BUNDESDRUCKEREI 06.98 802 034/156

Beschreibung

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur thermischen Verbindung von Kontaktlementen eines flexiblen Substrats mit Kontaktmetallisierungen eines elektronischen Bauelements, wobei das flexible Substrat eine Trägerschicht aus Kunststoff aufweist und eine Energiebeaufschlagung der Kontaktlemente von deren Rückseite her erfolgt.

Zur Verbindung von flexiblen Substraten mit einem elektronischen Bauelement, beispielsweise ein Chip, wird bislang üblicherweise das Thermokompression-Verfahren eingesetzt, bei dem eine sogenannte Thermoode unter Einwirkung von Druck und Temperatur gegen Kontaktlemente des Substrats gedrückt wird, um diese mit Kontaktmetallisierungen des Chips zu verbinden. Um hierbei Beschädigungen der temperaturempfindlichen Kunststoff-Trägerschicht des Substrats, die in der Regel eine Zersetzungstemperatur aufweist, die im Bereich der zur Verbindung notwendigen Temperatur liegt, zu verhindern, ist es bei dem bekannten Verfahren erforderlich, vor Beaufschlagung der Kontaktlemente mit Druck und Temperatur die Trägerschicht und gegebenenfalls eine die Trägerschicht mit den Kontaktlementen verbindende Kleberschicht zu entfernen, so daß ein unmittelbarer Zugriff auf die Kontaktlemente des Substrats von deren Rückseite her möglich ist. Die Entfernung der Trägerschicht erweist sich in der Praxis als sehr aufwendig; in der Regel werden hierzu in einem separaten Verfahren als "windows" bezeichnete Öffnungen in die Trägerschicht des Substrats geätzt. Derart vorbereitete Substrate lassen sich dann mittels einer als "inner-lead-bonding" bezeichneten Verbindungstechnik im Rahmen eines als "tape-automated-bonding" bezeichneten, automatisierten Verbindungsverfahrens einsetzen.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren vorzuschlagen, das ohne das vorstehend geschilderte separate Verfahren eine Verbindung von flexiblen Substraten mit elektronischen Bauelementen ermöglicht.

Gemäß einer ersten durch die Merkmale des Anspruchs 1 gegebenen Lösung ist bei dem erfindungsgemäßen Verfahren eine Beaufschlagung der Kontaktlemente mit Laserstrahlung vorgesehen, wobei die Transparenz des Substrats bzw. die Absorption der Kontaktlemente genutzt wird, um mit einer entsprechend darauf abgestimmten Laserstrahlungs-Wellenlänge die Strahlung im wesentlichen durch das Substrat hindurchzuleiten und in den Kontaktlementen zu absorbieren. Weiterhin wird erfindungsgemäß der Beaufschlagung mit Laserstrahlung eine Druckbeaufschlagung überlagert, derart, daß während der Beaufschlagung mit Laserstrahlung die Kontaktlemente des Substrats und die Kontaktmetallisierung des Bauelements aneinanderge- drückt werden.

Diese Druckbeaufschlagung erweist sich als besonders wichtig, da hiermit die Ausbildung von Luftspalten zwischen den Kontaktlementen und den Kontaktmetallisierungen verhindert wird und eine sichere Wärmekopplung zwischen diesen gegeben ist. Eine unzureichende Wärmekopplung könnte zu einem Wärmestau im Bereich der Kontaktlemente führen, was wiederum eine unerwünschte Temperaturbelastung des Substrats bzw. der Trägerschicht und gegebenenfalls einer die Trägerschicht mit den Kontaktlementen verbindenden Kleberschicht bewirken würde.

Durch Verwendung von Strahlungsenergie zur Tem-

peraturbeaufschlagung der Kontaktlemente werden die im Normalfall beispielsweise bei einer aus Polyimid gebildeten Kunststoff-Trägerschicht gegebenen guten Transparenzeigenschaften ausgenutzt, um aufgrund der guten Absorptionseigenschaften der metallischen Kontaktlemente die für die thermische Verbindung notwendige Temperatur lediglich im Verbindungsreich zu erzeugen.

Als besonders vorteilhaft erweist es sich, wenn die 10 Energiebeaufschlagung mit einer Lichtleitfaser erfolgt, die sowohl zur Einleitung der Laserstrahlung in das Substrat als auch zur Druckbeaufschlagung dient. Bei Anwendung einer derartigen Variante des erfindungsgemäßen Verfahrens wird die Verfahrensdurchführung mit einem minimalen Aufwand für die zur Durchführung des Verfahrens benötigten Vorrichtungen möglich.

Wenn darüber hinaus zur Druckbeaufschlagung die Lichtleitfaser mit ihrer Faserendfläche unmittelbar gegen die Trägerschicht des Substrats gedrückt wird, wird 20 noch eine weitere Vereinfachung in der Durchführung des Verfahrens ermöglicht.

Gemäß weiteren vorteilhaften Ausführungen des Verfahrens besteht auch die Möglichkeit, die Energiebeaufschlagung mittels einer Lichtleitfaser oder einer Lichtleitoptik vorzunehmen, und zur Druckbeaufschlagung eine separate, also hiervon unabhängige, Andruckeinrichtung zu verwenden. Hierdurch ist es möglich, die Andruckeinrichtung in ihrer Ausführung den jeweils gegebenen, aktuellen Abmessungen des Substrats bzw. des Bauelements anzupassen.

Eine Möglichkeit zur Druckbeaufschlagung besteht darin, in einem Kontaktbereich zwischen dem Substrat und dem Bauelement Unterdruck zu erzeugen.

Gemäß einer zweiten Lösung, deren Merkmale durch 35 den Gegenstand des Anspruchs 6 gegeben sind, erfolgt die Verbindung des Substrats mit dem Bauelement in zwei Phasen. Erfindungsgemäß erfolgt in einer ersten Phase eine Beaufschlagung der Trägerschicht mit Ultraschall-induzierten mechanischen Schwingungen und Druck, derart, daß ein einen Anschlußbereich eines Kontaktlements überdeckender Trägerschichtbereich freigelegt wird. In einer nachfolgenden zweiten Phase erfolgt eine Beaufschlagung des nunmehr im Anschlußbereich rückseitig freigelegten Kontaktlements mit Druck und Temperatur und/oder Ultraschall-induzierten mechanischen Schwingungen zur Verbindung mit der zugeordneten Kontaktmetallisierung.

Auch dieses zweite erfindungsgemäße, zum ersten erfindungsgemäßen Verfahren alternative Verbindungsverfahren ermöglicht eine Kontaktierung zwischen einem Substrat und einem Bauelement ohne eine getrennt vom Verbindungsorgang und unabhängig von diesem durchgeführte Vorbehandlung des Substrats in einem separaten Verfahren. Vielmehr erfolgen gemäß der zweiten erfindungsgemäßen Lösung die erste Phase, die zur Vorbereitung der eigentlichen Kontaktierung dient, und die zweite Phase, die eigentliche Kontaktierungsphase, miteinander kombiniert in einem Arbeitsgang. Dabei wird für die "Freilegung" der Kontaktlemente im Anschlußbereich eine Energiebeaufschlagung gewählt, die im wesentlichen durch Ultraschall-induzierte Schwingungen und Druck gekennzeichnet ist, also Energieformen, die sich für die Kunststoff-Trägerschicht als unschädlich erweisen, da sie nur diskret wirksam sind und nicht wie eine Temperaturbeaufschlagung der Trägerschicht zu großflächigen Zersetzung der Trägerschicht oder zu Delaminationen zwischen den Kontaktlementen und der Trägerschicht führen. Die zur Her-

stellung der thermischen Verbindung notwendige Temperaturbeaufschlagung erfolgt bei dieser zweiten erfundungsgemäßen Erfahrensalternative übereinstimmend mit der ersten erfundungsgemäßen Verfahrensalternative lediglich im Verbindungsreich zwischen den Kontaktlementen des Substrats und den Kontaktmetallisierungen des Bauelements.

Als besonders vorteilhaft erweist sich die vorgenannte erfundungsgemäße Verfahrensalternative, wenn die Energiebeaufschlagung mittels einer stiftförmigen Thermode erfolgt, die während der ersten Phase zur Beaufschlagung der Trägerschicht mit Ultraschall und während der zweiten Phase zur Beaufschlagung des Kontaktlement mit Temperatur und/oder Ultraschall beaufschlagt wird. Hierdurch wird es nämlich möglich, beide Phasen mit einem und demselben Werkzeug durchzuführen, so daß sich das Verfahren als besonders einfach in der Durchführung erweist und auch nur eine entsprechend einfach ausgebildete Vorrichtung zu dessen Durchführung notwendig ist.

Nachfolgend werden die beiden erfundungsgemäßen Verfahrensalternativen beispielhaft anhand der Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 ein Verbindungsverfahren unter Verwendung von Laserstrahlung;

Fig. 2 ein Verbindungsverfahren unter Anwendung einer aus Ultraschall und Temperatur kombinierten Energiebeaufschlagung.

Fig. 1 zeigt eine Variante der ersten erfundungsgemäßen Verfahrensalternative, bei der eine Beaufschlagung eines Substrats 10 mittels einer Laserstrahlung 11 zur Verbindung mit einem Chip 12 erfolgt.

Das Substrat 10 weist eine Trägerschicht 13 aus Polyimid auf, die zur Ausbildung von Kontaktlementen 14, 15 mit einer bei diesem Ausführungsbeispiel des Substrats 10 etwa durch Sputtern aufgebrachten Metallisierung 16 besteht.

Der Chip 12 weist auf seiner den Kontaktlementen 14, 15 des Substrats 10 zugewandten Oberseite erhöhte, üblicherweise als Bumps bezeichnete Kontaktmetallisierungen 17 auf, die zur Verbindung mit den Kontaktlementen 14, 15 dienen.

Die Kontaktlemente 14, 15 des Substrats 10 bestehen im wesentlichen aus Kupfer, das mit einer dünnen Oberflächenbeschichtung aus Gold versehen ist. Die Kontaktmetallisierungen 17 des Chips bestehen bei diesem Ausführungsbeispiel aus einer Gold-/Zinn-Legierung (Au-Sn 80/20 mit einer Schmelztemperatur von etwa 280°C).

Die in Fig. 1 dargestellte, nachfolgend erläuterte Verbindungsstechnik ist ebenso beim Tape-Automated-Bonding-Verfahren wie beim Flip-Chip-Verfahren anwendbar.

Zur Beaufschlagung des Substrats 10 mit Laserstrahlung 11 dient bei dem in Fig. 1 dargestellten Ausführungsbeispiel eine Lichtleitfaser 18, die auf die den Kontaktlementen 14, 15 gegenüberliegende Rückseite 19 der Trägerschicht 13 mit ihrer Faserendfläche 20 aufgesetzt wird. Die Aufsetzstelle ist dabei so gewählt, daß sich eine Überdeckung mit einem Anschlußbereich 21 des Kontaktlement 14 ergibt. Allgemein gilt, daß das Substrat 10 und der Chip 12 so zueinander positioniert sind, daß die einzelnen Anschlußbereiche 21 der Kontaktlemente 14 bzw. 15 den jeweiligen Kontaktmetallisierungen 17 des Chips 12 zugeordnet sind. Die Verbindung der einzelnen Kontaktlemente 14, 15 mit den zugeordneten Kontaktmetallisierungen 17 kann im sogenannten "single-point-bonding"-Verfahren erfolgen, bei

dem nacheinander die Verbindungen zwischen den einzelnen Paarungen aus Kontaktlementen 14 bzw. 15 und Kontaktmetallisierungen 17 durchgeführt werden.

Zur thermischen Verbindung zwischen einem Kontaktlement 14 und einer zugeordneten Kontaktmetallisierung 17 wird das Substrat 10 mit der Faserendfläche 20 der Lichtleitfaser 18 gegen den Chip 12 gepreßt, so daß das Kontaktlement 14 und die Kontaktmetallisierung 17 spaltfrei aneinander anliegen. Die Beaufschlagung des Substrats 10 mit der Laserstrahlung 11 erfolgt über eine an die Lichtleitfaser 18 angekoppelte Laserquelle 22, für die sich bei der vorstehend angegebenen Kombination aus dem Material für die Trägerschicht 13 und dem Material für das Kontaktlement 14 besonders ein Nd:YAG-Laser eignet, der eine Laserstrahlung mit einer Wellenlänge von 1065 nm emittiert. Bezogen auf diese Wellenlänge weist die Polyimid-Trägerschicht 13 eine Transmission von 88% auf. Ein erheblicher Anteil der nicht hindurchgeleiteten Strahlung wird reflektiert, so daß lediglich ein vergleichsweise geringer Strahlungsanteil absorbiert wird. Die Absorption der Laserstrahlung 11 erfolgt im wesentlichen in dem aus Kupfer gebildeten Kontaktlement 14, das sich entsprechend erwärmt. Über die vorstehend beschriebene spaltfreie Ankopplung des Kontaktlements 14 an die Kontaktmetallisierung 17 erfolgt eine im wesentlichen verlustfreie Weiterleitung der in Wärmeenergie umgesetzten Laserenergie in die Kontaktmetallisierung 17, so daß sich diese auf die erforderliche Schmelztemperatur erwärmt.

Um zu verhindern, daß es zu einer Überhitzung im Verbindungsreich zwischen dem Kontaktlement 14 und der Kontaktmetallisierung 17 mit Ausbildung eines entsprechenden Wärmestaus kommt, ist es insbesondere in dem Fall, daß die Leistung der verwendeten Laserquelle noch nicht 100%ig auf die miteinander kombinierten Materialen des Substrats, der Kontaktlemente und der Kontaktmetallisierungen 17 abgestimmt ist, vorteilhaft, wenn die im Verbindungsreich erzielte Verbindungstemperatur, insbesondere die sich daraus in der Trägerschicht 13 ergebende Temperatur, durch eine hier nicht näher dargestellte Temperaturregelung überwacht wird. Dies kann beispielsweise unter Zuhilfenahme eines Infrarot-Detektors 23 erfolgen, der die von der Trägerschicht 13 bzw. der Faserendfläche 20 reflektierte Infrarotstrahlung umgelenkt über ein Prisma 24 erfaßt und als entsprechendes Regelsignal an eine hier nicht näher dargestellte Temperaturregeleinrichtung weiterleitet.

Fig. 2 erläutert eine Variante einer weiteren erfundungsgemäßen Verfahrensalternative, bei der die Energiebeaufschlagung eines Substrats 25 mittels einer Thermode 26 erfolgt.

Das Substrat 25 unterscheidet sich von dem Substrat 10 darin, daß die Kontaktlemente 14, 15 nicht unmittelbar auf die Trägerschicht 13 aufgebracht sind, sondern zwischenliegend eine Kleberschicht 27 zur Verbindung der Kontaktlemente 14, 15 mit der Trägerschicht 13 vorgesehen ist. Bei einem derartig ausgebildeten Substrat können die Kontaktlemente aus einer auf die Trägerschicht auf laminierten Kupferfolie herausgearbeitet sein. Es wird betont, daß die Ausbildung des Substrats 10 bzw. 25 keinen wesentlichen Einfluß auf die Anwendbarkeit des in Fig. 1 und in Fig. 2 dargestellten Verfahrens hat. Vielmehr könnten die hier beispielhaft dargestellten Substrate 10 oder 25 auch gegeneinander ausgetauscht werden.

Bei der in Fig. 2 dargestellten Verfahrensvariante

wird die Thermoode 26 mit ihrem stiftförmigen Thermo-
denkopf 28, der im Durchmesser in etwa mit der in
Fig. 1 dargestellten Lichtleitfaser 18 übereinstimmt, ge-
gen die Rückseite 19 der Trägerschicht 13 gefahren. Der
Thermodenkopf 28 wird in einer ersten Phase des Ver-
bindungsvorgangs gegen den Anschlußbereich 21 des
Kontaktelements 14 bewegt. Hierzu wird im wesentli-
chen durch Ultraschall-induzierte mechanische Mi-
kroschwingungen der Thermoode 26 bzw. des Thermo-
denkopfs 28 unter gleichzeitiger Druckeinwirkung bzw.
einer Vorschubbewegung die Trägerschicht 13 sowie
die Kleberschicht 27 im Trägerschichtbereich 29 ent-
fernt. Erst wenn der Thermodenkopf 28 im Anschlußbe-
reich 21 rückwärtig am Kontaktellement 14 anliegt, er-
folgt in der zweiten Phase eine zum Aufschmelzen der
Kontaktmetallisierung 17 ausreichende Energiebeauf-
schlagung der Thermoode 26, wobei gleichzeitig zur Si-
cherstellung einer guten Wärmekopplung die Thermo-
de 26 gegen das Kontaktellement 14 gedrückt wird.

Die Art der Energiebeaufschlagung wird im wesentli-
chen durch die miteinander zu verbindenden Materi-
alien der Kontaktelemente bzw. der Kontaktmetallisie-
rungen bestimmt. Bei einer Gold/Gold-Kontaktierung
erfolgt beispielsweise in der zweiten Phase eine Beauf-
schlagung mit Ultraschall, Temperatur und gegenüber
der ersten Phase erhöhtem Druck, um die Materialien
durch eine Preßschweißung miteinander zu verbinden.
Bei einer Gold/Zinn-Kontaktierung ist es vorteilhaft für
die zweite Phase eine Beaufschlagung mit Temperatur
und einem im Vergleich zum vorhergehenden Beispiel
geringeren Druck zu wählen, um die Materialien in ei-
nem Lötvorgang miteinander zu verbinden.

Die zum Aufschmelzen der Kontaktmetallisierung 17
und zur Verbindung der Kontaktmetallisierung 17 mit
dem Kontaktellement 14 notwendige Temperatur liegt
bei etwa 400°C. Diese Temperatur liegt im Bereich der
Zersetzungstemperatur von Polyimid (etwa 400°C), so
daß deutlich wird, daß eine unmittelbare Beaufschlagung
der Trägerschicht 13, also ohne vorhergehende
Entfernung des Trägerschichtbereichs 29, eine Beschä-
digung der Trägerschicht 13 zur Folge hätte.

Patentansprüche

1. Verfahren zur thermischen Verbindung von Kontaktelemente eines flexiblen Substrats mit Kontaktmetallisierungen eines elektronischen Bau-
elements, wobei das flexible Substrat eine Träger-
schicht aus Kunststoff aufweist und eine Energie-
beaufschlagung der Kontaktelemente von deren
Rückseite her erfolgt, gekennzeichnet durch
eine Beaufschlagung mit Laserstrahlung (11), wobei
die Transparenz des Substrats (10), die Absorption
der Kontaktelemente (14, 15) und die Wellenlänge
der Laserstrahlung (11) derart aufeinander abge-
stimmt sind, daß die Laserstrahlung im wesentli-
chen durch die Trägerschicht (13) hindurchgeleitet
und in den Kontaktellementen (14, 15) absorbiert
wird, und
eine Druckbeaufschlagung des Substrats (19) der-
art, daß die Kontaktelemente (14, 15) des Substrats
(10) und die Kontaktmetallisierungen (17) des Bau-
elements (12) während der Beaufschlagung mit La-
serstrahlung (11) aneinander anliegen.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekenn-
zeichnet, daß die Energiebeaufschlagung mittels ei-
ner Lichtleitfaser (18) erfolgt, die sowohl zur Einlei-
tung der Laserstrahlung (11) in das Substrat (10) als

auch zur Druckbeaufschlagung dient.

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekenn-
zeichnet, daß die Lichtleitfaser (18) zur Druckbe-
aufschlagung mit ihrer Faserendfläche (20) unmit-
telbar gegen die Trägerschicht (13) des Substrats
(10) gedrückt wird.

4. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekenn-
zeichnet, daß die Energiebeaufschlagung mittels ei-
ner Lichtleitfaser (18) oder einer Lichtleitoptik er-
folgt, und zur Druckbeaufschlagung eine hiervon
unabhängige Andruckeinrichtung eingesetzt wird.

5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekenn-
zeichnet, daß zur Druckbeaufschlagung in einem
Kontaktbereich zwischen dem Substrat (10) und
dem Bauelement (12) Unterdruck erzeugt wird.

6. Verfahren zur thermischen Verbindung von
Kontaktelemente eines flexiblen Substrats mit
Kontaktmetallisierungen eines elektronischen Bau-
elements, wobei das flexible Substrat eine Träger-
schicht aus Kunststoff aufweist und eine Energie-
beaufschlagung der Kontaktelemente von deren
Rückseite her erfolgt, dadurch gekennzeichnet, daß
in einer ersten Phase eine Beaufschlagung der Trä-
gerschicht (13) mit Ultraschall-induzierten me-
chanischen Schwingungen und Druck erfolgt, derart,
daß ein einen Anschlußbereich (21) eines Kontakt-
elements (14, 15) überdeckender Trägerschichtbe-
reich (29) freigelegt wird, und in einer zweiten Pha-
se eine Beaufschlagung des Kontaktelements (14,
15) mit Druck und Temperatur und/oder Ultra-
schall-induzierten mechanischen Schwingungen
zur Verbindung mit der zugeordneten Kontakt-
metallisierung (17) erfolgt.

7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekenn-
zeichnet, daß die Energiebeaufschlagung mittels ei-
ner stiftförmigen Thermoode (26) erfolgt, wobei die
Thermoode (26) während der ersten Phase zur Be-
aufschlagung der Trägerschicht (13) mit Ultraschall
und während der zweiten Phase zur Beaufschlagung
des Kontaktelements (14, 15) mit Temperatur
und/oder Ultraschall beaufschlagt wird.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

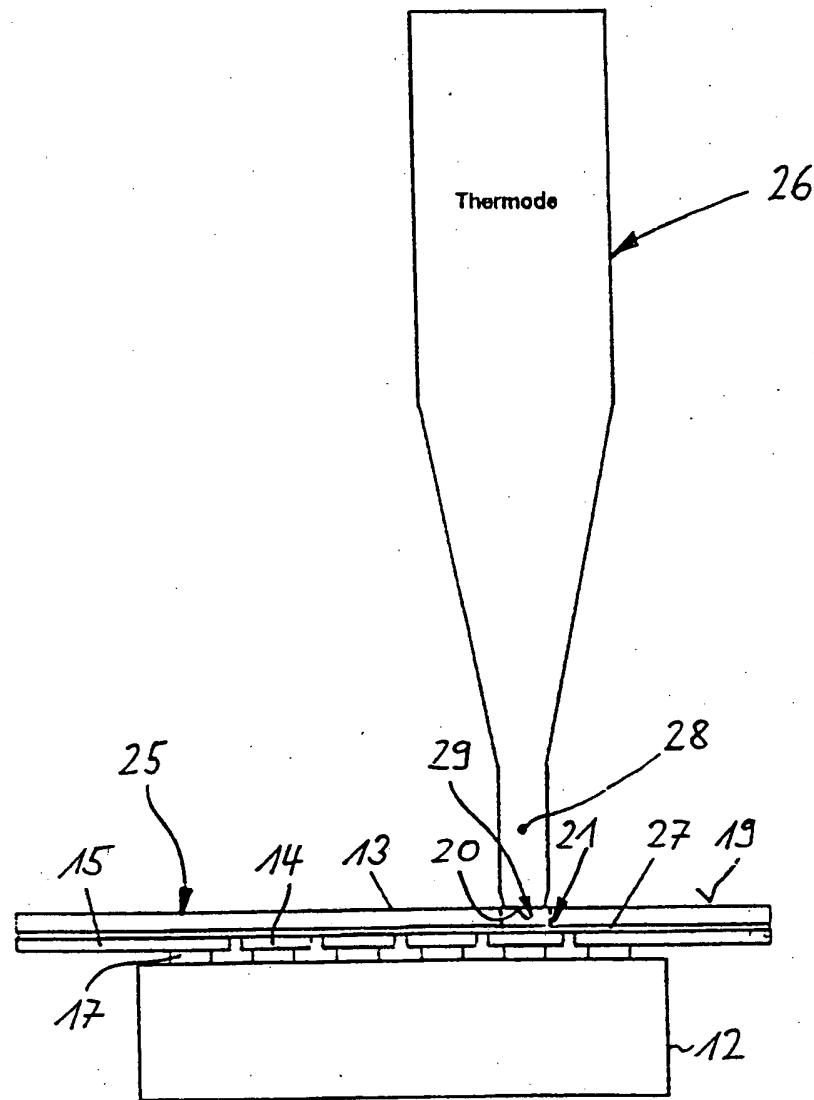


FIG. 2

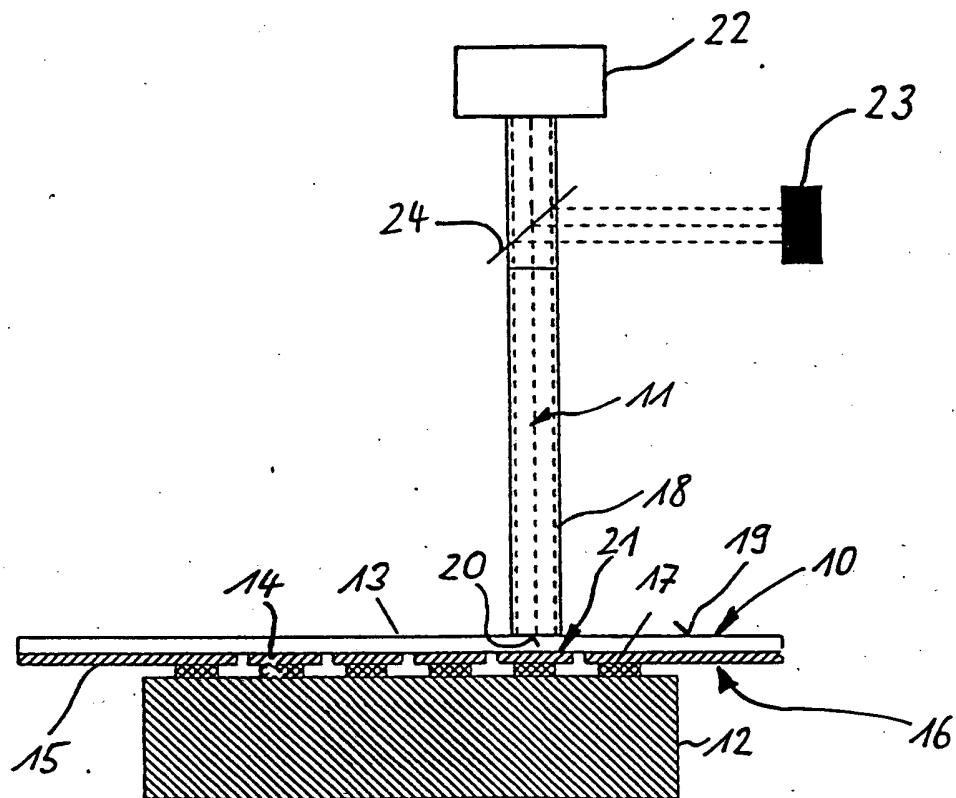


FIG. 1